

给水平流式沉淀池进水及出水构造 对流量分布的影响

给水排水教研室 金学易

摘 要

本文分析研究了给水平流式沉淀池的进水及出水构造对沉淀池中流量分布的影响。指出了增大进水穿孔墙的配水孔的流速,保持配水孔的水头在5厘米以上,则可达到均匀进水的目的。本文并针对沉淀池出水容易带出矾花的问题,提出相应的解决办法。

在给水处理工艺上使用平流式沉淀池已有很长的历史,但平流式沉淀池还存在一些理论问题和实际问题有待进一步研究解决。

给水平流式沉淀池的主要问题之一是其容积利用系数较低^①。而容积利用系数低的原因除了由于浊度差及温差使进水与池水形成异重流、或池面受风吹等外界干扰使池中产生回流等难以控制的因素之外,主要是平流式沉淀池进口流量分布和出口流量分布不均匀所致。给水平流式沉淀池的进口一般是直接与反应池的出口连接,因此平流式沉淀池进口的流量分布往往受反应池出水流动方式的影响。例如某沉淀池与回转式反应池的出水廊道连接如图1所示。反应池出水廊道中的水流在过水断面面积不变的情况下,在向前流动的过程中不断从侧向流入沉淀池中,因而出水廊道中的流速沿程逐渐减小,转化为穿孔墙配水孔的水头(或进水堰的水头)沿程逐渐增大,所以反应池出水廊道向沉淀池的沿程泄流是不均匀的。当水流到廊道末端后,由于受廊道端壁阻挡,在惯性作用下大部分水流进入沉淀池的第1格,特别是靠近廊道端壁附近进入沉淀池的单宽流量最大;而进入第2格沉淀池的流量则较少。这从两格沉淀池进口配水孔的矾花射流长度也可明显地看出。而且两格沉淀池中在进口附近的池水浑浊程度也明显不同。流量大的第1格池水较浑,流量较小的第2格池水较清。布置在平流式沉淀池前端的隔板反应池或回转式反

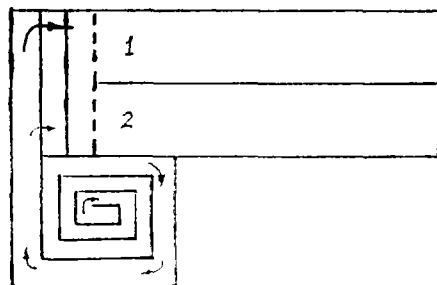


图 1

本文于1985年8月27日收到

应池,在不同程度上也都存在进入沉淀池的流量分布不均匀问题,如图2所示,显然在A点处正顶冲水流因而流量较大。同样,在廊道末端处流量也较大。

其次,有些平流式沉淀池的进水不均匀还由于进口的构造不当。例如,某平流式沉淀池的进水采用图3所示的构造。浑水由反应池出水廊道经过沉淀池的进口挡墙的下端孔口翻过腰墙的上端才流到穿孔墙的前方。于

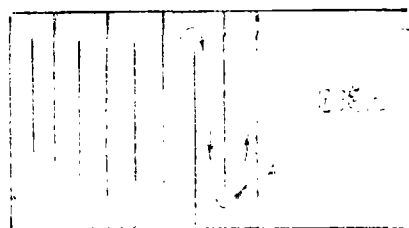


图 2

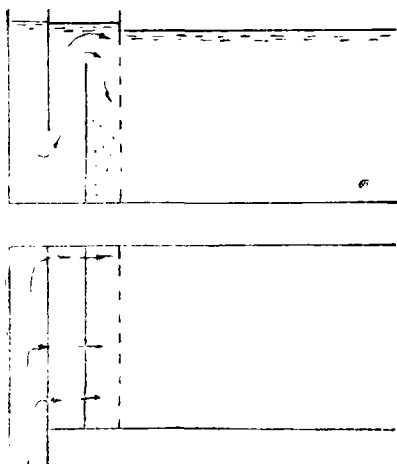


图 3

A —— 配水孔的面积;

Δh —— 配水孔上下游的水面高差,即配水孔的水头,如图4所示;

v_0 —— 水流向配水孔的行近流速。

由(1)式可见,如要使各配水孔出流的流量相等,除要求各配水孔的水头 Δh 必须相等之外,还必须各配水孔的行近流速 v_0 相同。水流经过配水孔的水力现象是水力学上的淹没孔口出流,所以各配水孔的水头都相等;但由于反应池廊道出口流量分布不均匀的影响,各孔口的行近流速 v_0 就难以相同。不过,我们可以用增大配水孔水头 Δh 的办法来减轻行近流速 v_0 对 q 的影响。为此,我们试分析计算应采用的 Δh 值如下。

在给水处理工艺中,与平流式沉淀池相连接的反应池的最后廊道中的流速常取 $v_0 = 0.2$ 米/秒^[2]。由此可见,即使反应池出水流量分布不均匀,配水孔的行近流速最大值也不过 $v_0 = 0.2$ 米/秒左右,而相应的流速水头 $\frac{v_0^2}{2g} = 0.002$ 米。因此,如采用各配水孔的水头 $\Delta h = 0.05$ 米,则由于各配水孔行近流速不等(极而言之,由 $v_0 = 0$ 变化到 $v_0 = 0.2$ 米/秒),所引起的流量差异为

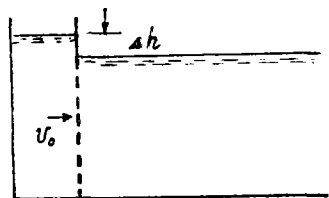


图 4

$$\frac{q - q'}{q} = \frac{\sqrt{2g(\Delta h + \frac{v_0^2}{2g})} - \sqrt{2g\Delta h}}{\sqrt{2g(\Delta h + \frac{v_0^2}{2g})}} = \frac{\sqrt{0.052} - \sqrt{0.05}}{\sqrt{0.052}} = 0.02$$

即由于行近流速的影响所引起的各配水孔的流量差异也不过2%。这说明：在这种情况下，穿孔墙可起到均匀分配流量的作用。而相应的配水孔出水流速为

$$v = c\sqrt{2g(\Delta h + \frac{v_0^2}{2g})} = 0.8\sqrt{19.6 + 0.052} = 0.8 \text{米/秒}$$

式中 c ——配水孔的流速系数，可取 $c = 0.8$

过去，有的资料规定配水孔的出水流速 v 不宜大于 $0.15 \sim 0.20$ 米/秒，以防止打碎矾花。现在看来这一规定不一定符合实际。因为矾花会不会被水流打碎并不取决于配水孔中的流速，而是取决于配水孔的出水射流的流速梯度 G 值。该 G 值可计算如下。

根据圆形断面淹没射流理论，配水孔出水射流断面上的流速分布，可按下列式计算：

$$\frac{u_x}{u_m} = \frac{1}{(1 + \frac{r^2}{0.016x^2})^2} \quad (2)$$

式中 u_m 为圆形断面淹没射流在轴线上的流速， u_x 为断面上某点的流速， r 为该点至轴线的垂直距离， x 为该断面距极点的坐标，如图5所示。当射流的轴线流速 u_m 等于配水孔的出水流速 v 时， u_m 为最大值。此处 $x = 12.8r_0$ ④，而 r_0 为配水孔的半径。以 $u_m = v$ 及 $x = 12.8r_0$ 代入(2)式，得

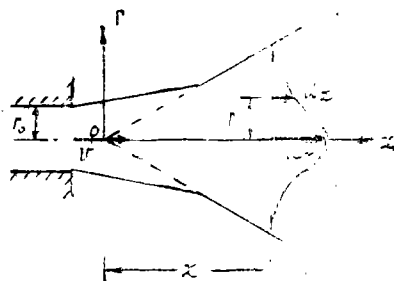


图 5

$$u_x = \frac{v}{(1 + \frac{r^2}{2.62r_0^2})^2} \quad (3)$$

于是该断面上各点流速梯度的绝对值：

$$|G| = \left| \frac{du_x}{dr} \right| = \frac{rv}{0.655r_0^2 (1 + \frac{r^2}{2.62r_0^2})^3} \quad (4)$$

令 $\frac{dG}{dr} = 0$ ，得 $r = \sqrt{\frac{2.62}{5}} r_0 = 0.724r_0$ 。代入(4)式，求得该断面上 $|G|$ 的最大值，也就是配水孔出水射流中的流速梯度的最大值：

$$|G| = \frac{0.724r_0 v}{0.655r_0^2 (1 + \frac{0.524r_0^2}{2.62r_0^2})^3} = \frac{v}{1.563r_0} \quad (5)$$

现配水孔出水流速 $v = 0.8$ 米/秒，如取配水孔的半径 $r_0 = 0.05$ 米，代入(5)式，得

$$|G| = \frac{0.8}{1.563 \times 0.05} = 10.2 \text{秒}^{-1}$$

一般反应池的平均流速梯度 $G = 20 \sim 70 \text{秒}^{-1}$ ，反应池出口的流速梯度 $G \approx 10 \text{秒}^{-1}$ 。上述计算表明配水孔出水射流中流速梯度的最大值小于反应池的平均流速梯度，接近于反应池出口的流速梯度。从而说明：在配水孔直径 $d = 10$ 厘米，配水孔出水流速 $v = 0.8$ 米/秒的情况下，反应池所形成的矾花不至于被配水孔出水水流所打碎。国外资料提出：穿孔墙配水孔的流速提高到 $v = 1.0 \sim 1.5$ 米/秒时还不会打碎矾花，可能也是基于类似上述的分析。此外，配水孔的出水流速提高之后，配水孔出水射流的长度将有所增长。为此，可在沉淀池进口处设两道穿孔墙。第二道穿孔墙的配水孔流速采用 0.8 米/秒，以保证进水流量均匀分布；第一道

穿孔墙的配水孔流速可采用0.1米/秒，以缩短配水孔的出水射流长度。

为了保证配水均匀，除了提高配水孔的水头之外，还应该注意及时排除沉积在反应池出水廊道底部及沉淀池进水空间底部的泥渣，防止沉泥堵塞部分配水孔，所以在该两处池底均应装设排泥管。

平流式沉淀池流量分布不均匀表现出的另一问题是出水容易带出矾花。这主要是由于出水堰或出水孔口的行近流速太大而且过水断面上流速分布不均匀所引起的。特别是靠近池底的流速太大或受异重流的影响使已沉到池底的矾花又被冲起，随水流带出池外。

解决矾花带出池外问题的常用办法是加长出水堰的长度，以减小流向出水堰的行近流速。为此，我国给水排水设计手册采用出水堰的溢流率（堰负荷）为 $Q = 120 \sim 480$ 米³/日·米²，国外资料定为10加仑/分钟·英尺，即173 米³/日·米²，可按这一标准来计算所需出水堰的长度。

实践证明：采用指形集水堰槽（图6），每条堰槽长度可达沉淀池长度的 $1/3 \sim 1/2$ 。指形堰槽中心线相距4.5~6.0米。而且按每条堰槽所控制的水平池面面积计算，水流的

上升流量不大于 $0.0007 \sim 0.001$ 米³/秒·米²⑤。设计时采用这些数据将有利于克服异重流所引起的不良影响，避免出水带出矾花。

综上所述，可得如下结论：使平流式沉淀池的流量均匀分布，是提高沉淀效果的关键。其有效措施之一是增大水流通过穿孔墙配水孔的水头（即增大配水孔的流速）和加长出水堰的长度。本文提出的有关数据可供设计参考。

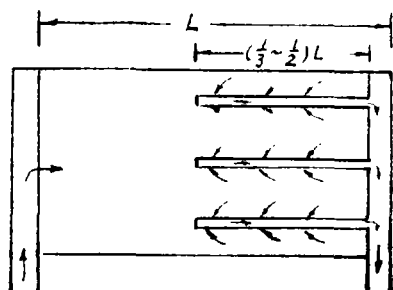


图 6

参 考 文 献

- 〔1〕 许保玖：给水处理，中国建筑工业出版社，1979
- 〔2〕 同济大学：给水工程，中国建筑工业出版社，1980
- 〔3〕 J.O.Hinze: Turbulence, 2nd ed. 1975
- 〔4〕 清华大学水力学教研组：水力学（1980年修订版），人教出版社，1981
- 〔5〕 Robert L.Sanks: Water Treatment Plant Design for the Practicing Engineer. Ann Arbor Science Publishers Inc. 1978
- 〔6〕 给水排水设计手册，第四册，中国建筑工业出版社，1974